

CICLOGÉNESIS ATLÁNTICA DEL 5 Y 6 DE NOVIEMBRE DE 1997

ANÁLISIS FENOMENOLÓGICO Y MESOESCALAR

Marcelino Núñez Corchero (1)
Juan de Dios del Pino Corredera (2)

(1) SED del CMT en Extremadura. INM
(2) GPV del CMT en Andalucía Occidental y Ceuta. INM

RESUMEN

Durante los días 5 y 6 de noviembre de 1997 una intensa y profunda borrasca extratropical, de origen Atlántico, cruzó la Península Ibérica de SW a NE. Los fenómenos meteorológicos más significativos fueron las intensas precipitaciones asociadas con diversos focos convectivos y el viento, consecuencia del fuerte gradiente de presión que generó la rápida profundización de la baja. En esta comunicación se presenta un resumen del análisis fenomenológico y mesoescalar que se realizó como parte del estudio global de dicha situación (Riosalido, Elizaga y otros, 1999).

1. Introducción

En esta comunicación se analizan los fenómenos meteorológicos más significativos y las estructuras mesoescalares que acompañan a esta borrasca que creció de forma explosiva, al tiempo que se desplazaba. La figura 1 representa las caídas de presión observadas en los observatorios de Don Benito (Badajoz) y Cáceres. Se aprecia la fuerte y rápida caída de la presión y el posterior aumento, al desplazarse la baja hacia el nordeste peninsular.

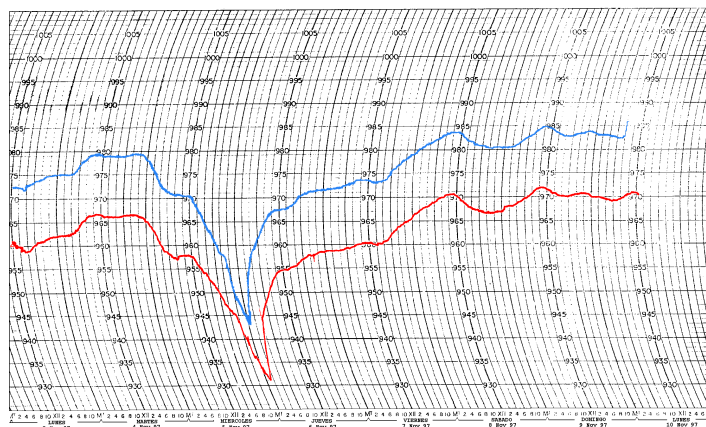


Figura 1: Curvas de los barógrafos de las estaciones: Don Benito (Badajoz) y Cáceres.

Los fenómenos meteorológicos más significativos fueron las intensas precipitaciones debidas a la convección profunda, asociada a la inestabilidad de la borrasca y a su fuerte forzamiento, y el viento, consecuencia del fuerte gradiente de presión que generó la rápida profundización de la baja.

Las mayores precipitaciones se concentraron sobre las cuencas de dos arroyos normalmente secos, Rivillas y Calamón, que se desbordaron a partir de las 00 horas locales del día 6, alcanzando el agua un nivel de 4 metros sobre el cauce de dichos arroyos. Según la Confederación Hidrográfica del Guadiana, el caudal de los arroyos alcanzó casi el triple del caudal máximo admisible por sus cauces de hormigón, que era de 180 m³/s. Las consecuencias más lamentables fueron 21 víctimas mortales y, sólo en Badajoz, más de 1000 familias afectadas por el temporal.

Los vientos que acompañan a esta baja tan profunda fueron muy intensos y afectaron al sudoeste peninsular provocando innumerables daños en infraestructuras y cultivos.

Dentro de las estructuras mesoescalares que acompañan a la borrasca, destacan una serie de focos convectivos. De ellos nos centraremos en los que, procedentes del Atlántico, alcanzan la Península Ibérica en las proximidades del cabo de San Vicente, debido a su gran intensidad y desarrollo así como a los graves efectos que ocasionaron. En este sentido, estudiaremos 8 focos convectivos que a lo largo del día 5 se sucedieron uno tras otro sobre esta zona, algunos de los cuales se pueden considerar como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).

2. Análisis fenomenológico

2.1 Precipitaciones acumuladas en 24 horas

A partir de las 627 estaciones pluviométricas de los CMTs de Extremadura y Andalucía Occidental y del Instituto Meteorológico de Portugal, se han elaborado los mapas de precipitación acumulada en 24 horas correspondientes a los días “pluviométricos” (de 07 a 07 horas UTC) 5 y 6 de noviembre de 1997 de la Figura 2.

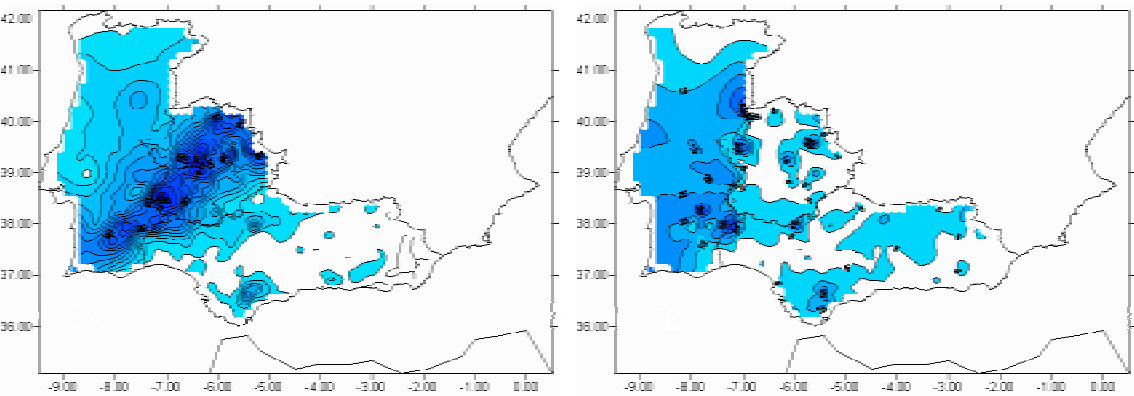


Figura 2: Precipitación acumulada (de 07 a 07 UTC), en litros/m², de los días 5 y 6 de noviembre de 1997

Podemos observar que prácticamente toda la precipitación se registró el día 5 (de 07 a 07 horas UTC). En el gráfico correspondiente a este día, se observa una banda muy ancha con dirección suroeste-noreste, que puede definirse por la isoyeta de 80 litros/m², dentro de la cual las precipitaciones fueron superiores a dicha cantidad y que cruza el sur de Portugal, el noroeste de la provincia de Huelva y Extremadura. Dentro de la banda delimitada por la isoyeta de 80 litros/m², los máximos de precipitación superiores a 120 y 140 litros/m² se sitúan sobre una línea claramente definida con orientación suroeste - noreste. Esta línea marca la evolución temporal del centro de un SCM que fue provocando los máximos desarrollos nubosos, que fueron avanzando hacia el noreste de la Península Ibérica. En el resto del suroeste de la Península Ibérica las precipitaciones fueron escasas o nulas.

Indicativo	Nombre de la Estación	l / m²	Indicativo	Nombre de la Estación	l / m²
74488	Alconchel	154	4415	Pantano de Proserpina	140
4489	Cheles	150	3436	Guijo de Santa Bárbara	135
3514A	Tornavacas	148	4493	Higuera de Vargas	135
4455	La Nava de Santiago	148	4484	Pantano de Piedra aguda	133
3442	Malpartida de Plasencia	146	4495	Zahínos	131
4489	Alconchel 'Don Juan'	146	4416A	Calamonte 'Cooperativa'	130
4487	San Benito de la Cont.	143	3469A	Cáceres 'Ctra. de Trujillo'	129
4245A	Guadalupe 'Segunda'	142	4497A	Villanueva del Fresno	128
3555	Aldea del Cano	141	4467I	Cáceres 'Olalla'	126

Tabla 1: Precipitaciones acumuladas (07 a 07 UTC) día 5 de noviembre de 1997. Valores más significativos.

2.2 Rachas máximas de vientos registradas

La ciclogénesis ocasionó un incremento de los vientos y rachas máximas observados, que afectó a la península y sus proximidades durante la fase explosiva. Rachas que en muchos lugares superaron los 100 Km/h. A continuación se comenta la evolución de las rachas máximas horarias registradas en los observatorios de Andalucía, Extremadura y Portugal en el momento de mayor intensidad del viento, esto es, entre las 18 UTC del día 5 y las 05 UTC del día 6.

En la hora que precede a las 18 UTC del día 5 se registraron las rachas más intensas en puntos del litoral portugués, 64 Km/h en Faro, que indicaban la entrada de los fuertes vientos que acompañan a la baja en proceso de ciclogénesis situada en estos momentos al suroeste de San Vicente. En la siguiente hora las rachas superiores a 60 Km/h se extienden desde el litoral sur hasta el interior de Portugal, registrándose rachas de hasta 72 Km/h en Beja y de 61 Km/h en Faro y Sines.

Durante la hora siguiente a las 20 UTC del día 5, cuando la baja se sitúa ya sobre el litoral sur de Portugal, las rachas aumentan en intensidad y se extienden a través del suroeste peninsular. Rachas superiores a 50 Km/h se registran ya en todo el tercio sur de Portugal, Andalucía occidental y la mitad oriental de Extremadura. Destacan rachas de hasta 98 Km/h en Almonte (Huelva), 93 Km/h en Sines (Portugal), 88 Km/h en Morón (Sevilla) y 85 Km/h en Huelva.

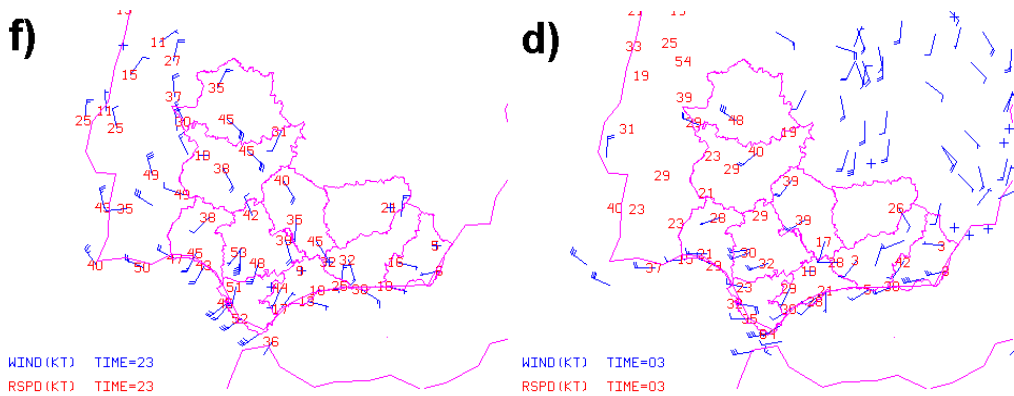


Figura 3: Dirección del viento (barbas) y racha máxima en nudos (kt), imagen (f) entre las 22 y 23 horas UTC del día 5, imagen (d) entre las 02 y 03 horas UTC del día 6.

Entre las 22 UTC del día 5 y las 02 UTC del día 6 se registran las rachas más intensas con varios registros superiores a 100 Km/h (Tabla 2). A partir de esta hora las rachas de esta intensidad se restringen a observatorios con alguna singularidad orográfica, bien por ser de alta montaña, por ejemplo Penhas Douradas, a 1380 metros en Portugal, o los próximos al Estrecho.

Periodo	Km/h	Localidad	Km/h	Localidad	Km/h	Localidad
17,18Z	80	Jaén	64	Faro	60	Alajar
18,19Z	91	Jaén	72	Beja	64	San Fernando
19,20Z	97	Sagres	79	Amareleja	76	San Fernando
20,21Z	98	Ayamonte	93	Sines	88	Morón
21,22Z	122	Sagres	104	Faro	100	Amareleja
22,23Z	108	San Fernando	100	Tablada	98	El Coper
23,00Z	104	Tablada	98	El Coper	97	Amareleja
00,01Z	96	Córdoba	95	Don Benito	86	Elvas
01,02Z	105	Cáceres	90	Cabo Carvoeiro	86	San Fernando
02,03Z	89	Cáceres	82	Elvas	74	Don Benito
03,04Z	90	Cabo Carvoeiro	88	Cáceres	78	San Fernando
04,05Z	82	Cabo Carvoeiro	76	Cáceres	72	Adra

Tabla 2: Se presentan las 3 rachas máximas registradas en cada periodo horario comprendido entre las 18 horas UTC del día 5 y las 05 UTC del día 6 en el área de Portugal, Andalucía y Extremadura. Se han excluido los observatorios situados a más de 500 m y Gibraltar, por la importancia que tiene la orografía como mecanismo amplificador del viento y de las rachas.

3. Análisis Mesoescalar

En el análisis mesoescalar realizado para esta situación y descrito en (Riosalido, Elizaga y otros, 1999) se encontró que los primeros focos convectivos que se acercan a la Península antes de las 18 h UTC son poco activos, como lo indica la poca cantidad de descargas eléctricas que arrastran, para las dimensiones y temperaturas de sus topos nubosos. Los focos más intensos son los que acompañan a la borrasca de cuyo forzamiento se benefician, pero que no son convectivamente muy activos. Es el enorme forzamiento de la baja el que produce las intensas precipitaciones registradas en este período.

Cinco fueron los sistemas convectivos de mesoescala (SCM) que afectaron a la Península Ibérica durante este episodio, más tres focos convectivos (FC-51, FC-52 y FC-53, Figura 4.d), entre el cuarto y el quinto sistema convectivo, que sin llegar a la categoría de sistemas convectivos, tuvieron una incidencia relevante en las precipitaciones recogidas en el sudoeste peninsular. El primero de los sistemas convectivos de mesoescala, denominado SCM-1 (Figura 4.a), formado en la fase preciclónica alcanza la Península a las 01:30 horas UTC, sin embargo ha descargado ya toda su actividad tormentosa en el Atlántico, por lo que se encuentra muy debilitado. Sólo le queda la nubosidad estratiforme. Los radares de Lisboa y Cáceres detectan ecos, con algunos núcleos dispersos de poco más de 40 dB, fundamentalmente cuando alcanza la Sierra de Gredos en el norte de Cáceres. El SCM-2, análogamente, entra por el sudoeste peninsular y se deshace al llegar a tierra, el SCM-2 (Figura 4.a) ha dejado algunas descargas eléctricas y ha llegado a tener topos nubosos con temperaturas por debajo de los -72 °C. Los restos del tercer y del cuarto sistema convectivo de mesoescala, SCM-3 y SCM-4, ver figuras 4.b y 4.c, alcanzan el sur de Portugal y la provincia de Badajoz, pero al igual que sucedió con los anteriores, solo llevan pequeños núcleos convectivos en su seno, quedando solo el escudo de nubes estratiformes de su etapa de disipación, siendo su actividad tormentosa mínima.

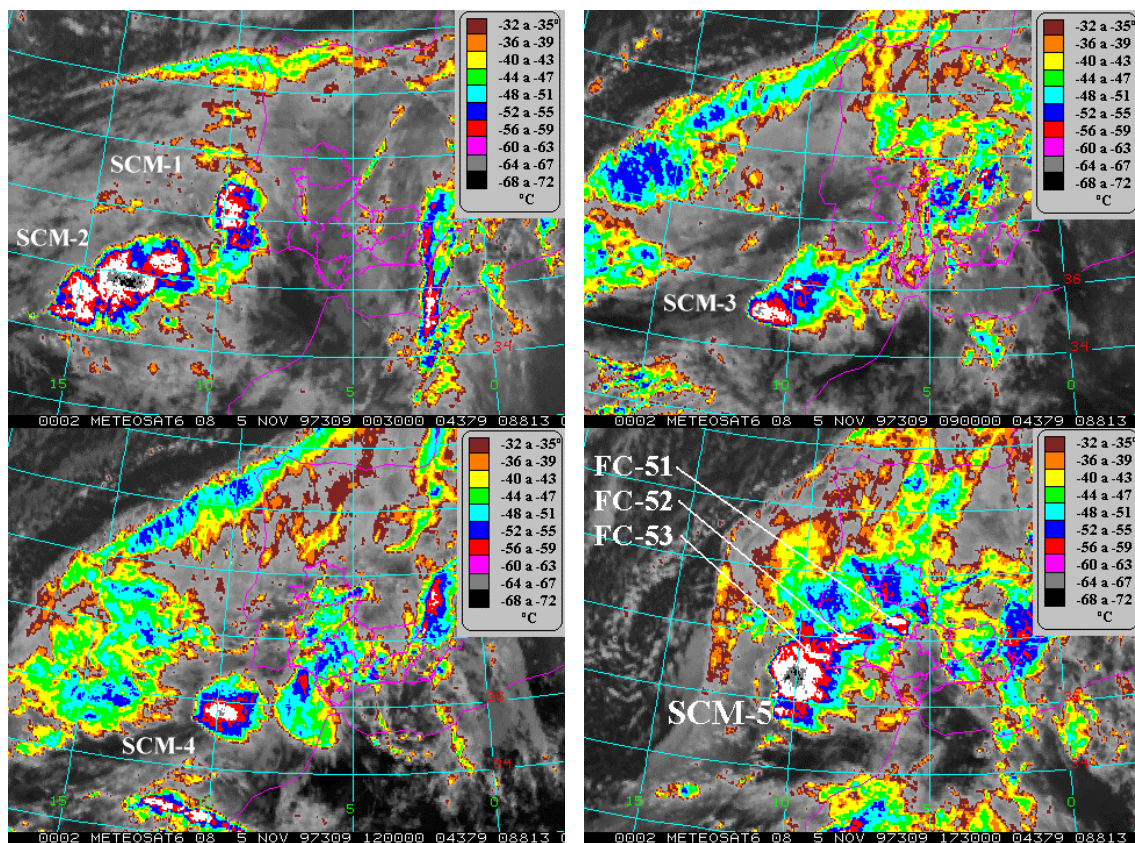


Figura 4. Principales focos convectivos que afectaron a la sudoeste peninsular el 5 y 6 de noviembre de 1997: a) el SCM-1 y el SCM-2; b) el SCM-3; c) el SCM-4 y d) los focos FC-51, FC-52 y FC-53 y el SCM-5.

Finalmente, cerca de la Península, se genera el SCM-5 (Figura 4.d) que penetrará en ella a las 18 horas UTC. La actividad convectiva de los anteriores focos mantiene, con la liberación de calor latente, la ciclogénesis de la baja secundaria mesoescalar, que de otra forma podría haber desaparecido dado su

carácter, dada su poca extensión horizontal y vertical. Esta mesobaja es arrastrada por el flujo del W hasta las proximidades de la Península Ibérica, desarrollando una hoja baroclina, hasta que interacciona con las perturbaciones de niveles medios y altos y se desencadena la ciclogénesis explosiva.

3.1 Resumen de la fase explosiva

Dos hechos van a ser trascendentales en la intensidad y movimiento de los focos convectivos en esta fase, por una parte, la masa subtropical inestable ya ha alcanzado la Península Ibérica, por lo que los focos ya no pierden su actividad tormentosa cuando llegan a tierra; y por otra, la formación de la profunda borrasca que modifica el flujo de niveles medios y deja de ser tan zonal, curvándose ciclónicamente, lo que hace que los focos convectivos que entren por el sur de la península se desplacen hacia tierras extremeñas.

Entre las 12 y las 18 UTC del día 5 destaca la intensa actividad convectiva en el sur de Portugal y Extremadura. El SCM-3, de escasa actividad, se aleja por el litoral mediterráneo hasta tierras valencianas. El SCM-4, más activo, deja una franja de rayos siguiendo su desplazamiento, sin embargo, pierde su actividad cuando abandona el mar, disipándose tierra adentro.

El SCM-5, que tiene su origen a las 13 UTC en el Atlántico, en principio no es más que una línea de cinco focos convectivos alineados en la dirección del flujo. El penúltimo de ellos presenta topes fríos con temperaturas inferiores a -68°C y será el que se desarrolle hasta alcanzar la categoría de sistema convectivo de mesoescala. Entre las 18 y las 21 horas UTC del día 5 son importantes, por sus efectos sobre el sudoeste peninsular, los tres primeros de esos focos convectivos (FC-51, FC-52 y FC-53) cada uno es más activo y de mayor duración que su precedente. En este período el SCM-5 se encuentra sobre el sur de Portugal, en pleno desarrollo, dejando sobre esta zona las precipitaciones más intensas. Las precipitaciones medidas en superficie, presentan un máximo sobre la localidad de Beja, en la que se recogen 58 litros/ m^2 en 3 horas. También se registra otro máximo de precipitación sobre Badajoz y la cuenca de recepción de los arroyos Rivillas y Calamón, que son los que provocaron las inundaciones en dicha ciudad. Este máximo sobre tierras extremeñas no se debe al SCM-5, sino a los focos convectivos que le precedieron.

El análisis de presión a nivel del mar de las 18 UTC indica que la borrasca, que se encuentra situada al sudoeste del Cabo de San Vicente, es ya bastante profunda, con una presión en su centro de 992 mb. En toda la Península continúan registrándose descensos importantes en la presión.

En el periodo comprendido entre las 21 y las 24 horas UTC del día 5 se producen las lluvias más intensas y cuantiosas en las provincias extremeñas, con la llegada del SCM-5, que acompaña a la borrasca. A las 22:30 UTC este SCM entra en la provincia de Badajoz, por su parte más occidental, y tarde una hora en salir hacia Cáceres, perdiéndose por el norte de Extremadura a las 00 UTC, ya en avanzada fase de disipación, según se desprende de las imágenes infrarrojas del satélite Meteosat.

Una célula de ecos intensos comienza a desarrollarse sobre Badajoz está asociada al SCM-5. La actividad tormentosa es considerable en este período en el que se producen las mayores intensidades de precipitación. Los ecos más intensos sobre esta zona se producen entre las 21:30 y las 22:30 UTC, (registrándose casi 40 litros/ m^2 en una hora en el observatorio de Talavera, con intensidades de hasta 88 litros/ m^2 hora.). Entre las 22 y las 23 UTC, esta célula a la fase disipativa y entra en la provincia de Cáceres, dividiéndose en dos, una que se dirige hacia el noreste y otra hacia el norte.

A las 21 UTC la baja se centra sobre San Vicente al tiempo que se intensifica. En su momento de máximo desarrollo, entre las 18 UTC del día 5 y las 00 UTC del día 6, se producen caídas en su centro de al menos 1.7 mb/hora, lo que hace que vientos de más de 10 Kt afecten al interior de Andalucía occidental, y que en su litoral el viento se intensifica con valores superiores a 20 Kt. El chorro en niveles bajos ha alcanzado ya la Península, a las 00 UTC del día 6, como consecuencia las rachas alcanzan valores de hasta 100 Km/h, sobre todo al final del período. Entre las 00 y las 06 horas del día 6, el SCM-5 se encuentra ya sobre la provincia de Cáceres, entrando en su fase de disipación, y formando parte de la nubosidad asociada a una borrasca muy profunda, con una acentuada estructura en forma de coma, en fase madura y con sus frentes cálido y frío asociados ya ocluidos. La actividad tormentosa está remitiendo en el cuadrante SW de la Península.

4. Análisis de los focos convectivos

Con el propósito de determinar cuales de los SCM analizados se pueden considerar como SCM, según el criterio establecido por el STAP para el estudio climatológico de los SCM, se ha determinado a partir de las imágenes en el canal infrarrojo del satélite Meteosat, los semiejes de los topos nubosos con temperaturas inferiores a -52°C . A partir de los semiejes se ha determinado el área y la excentricidad suponiendo dichos escudos nubosos como si de elipses se trataran. Algunos de estos resultados obtenidos se resumen en la Tabla 3, en la que se representan los valores correspondientes a su fase de mayor madurez.

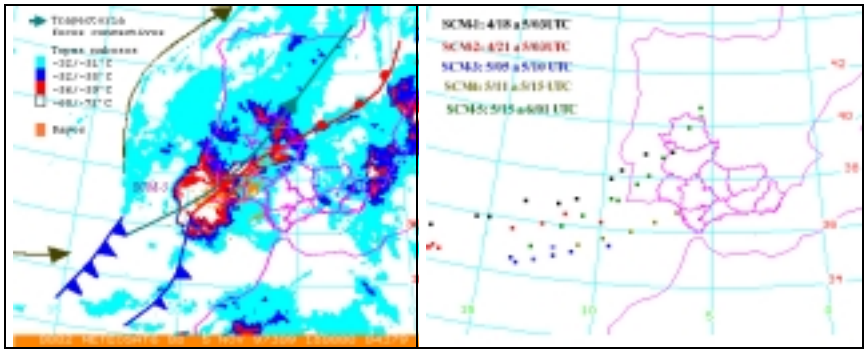


Figura 5a: Mapa compuesto del 5 de noviembre de 1997 a las 18 horas UTC.

Figura 5b: Posición de los cinco sistemas convectivos de mesoescala (SCM) que afectaron al sudoeste peninsular. Las fechas indican el día y la hora de la primera y ultima referencia del SCM en la figura.

El criterio para determinar si una estructura convectiva se considera SCM es que el área con temperaturas más frías que -52°C sea superior a 10.000 km^2 , al menos durante tres horas y que la excentricidad sea superior a 0,7, en al menos una ocasión. Con este criterio vemos que todos tienen suficiente área y duración, y que el SCM-1, SCM-2 y SCM-3 tiene excentricidades algo bajas. Sin embargo todos ellos pueden considerarse que lo cumplen.

A partir de la posición de sus topos nubosos más fríos se ha determinado la velocidad de propagación, que son los valores que aparecen en la Tabla 3. Destaca la enorme velocidad de los mismos, todos ellos con valores medios superiores a los 100 Km/h . Dichos valores son conformes con el viento en 700 mb. El fuerte viento de la troposfera media puede ser la causa de la estructura alargada de muchas de estas agrupaciones de focos convectivos, que pese a su gran extensión tiene, a veces, tan baja excentricidad.

SCM	Velocidad (km/h)	Día/Hora)	Eje A (Km)	Eje B (Km)	Área (Km ²)	Excentricidad
SCM-1	126	04/23	214	188	31.521	0.88
SCM-2	117	04/23	440	167	57573	0.38
SCM-3	108	05/08	306	171	41.156	0.56
SCM-4	116	05/13	245	253	48.551	0.97
SCM-5	107	05/20	449	267	93.922	0.59

Tabla 3. Características de los SCM.

Del análisis de la superficie y la excentricidad de los cinco sistemas convectivos de mesoescala en diferentes instantes, entre las 18 UTC del día 4 y las 06 UTC del día 6, se destaca como, a excepción del SCM-2 que, es el que peor cumple las condiciones de sistema convectivo de mesoescala, la superficie máxima de todos ellos va aumentando en orden de aparición, esto es consecuencia del aumento del forzamiento proporcionado por la baja, que cada vez se encuentra más desarrollada. También aumenta la excentricidad, esto se debe a que la mayor profundidad de la baja en todos los niveles hace que el viento en la troposfera vaya aumentando, y con ello la velocidad de propagación de los sistemas convectivos, lo que los hace más elongados.

Referencias

Riosalido, R., F. Elizaga, F. Martín, J. D. del Pino, M. Núñez, I. Martínez, 1999: Estudio de la ciclogénesis atlántica del 5 y 6 de noviembre de 1997. Nota Técnica del INM. Ministerio de Medio Ambiente.